

**В.П. Глушко**

**Термодинамические и теплофизические  
свойства продуктов сгорания**

**Том 1**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 53  
ББК 22.3  
В11

В11 **В.П. Глушко**  
Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: Том 1 / В.П. Глушко – М.: Книга по Требованию, 2024. – 265 с.

**ISBN 978-5-458-46729-2**

**ISBN 978-5-458-46729-2**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2024  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



§ 5. Некоторые особенности взаимодействия частиц с газом и между собой при движении в сопле . . . . .	204
§ 6. Неравновесность процесса кристаллизации конденсата в сопле . . . . .	210
§ 7. Неравновесность процесса конденсации в сопле . . . . .	213
<b>Глава XX. Другие особенности реальных систем . . . . .</b>	<b>220</b>
§ 1. Оценка потерь удельного импульса вследствие неоднородности состава и параметров . . . . .	220
§ 2. Оценка потерь удельного импульса вследствие неполного горения . . . . .	222
§ 3. Оценка потерь удельного импульса вследствие неадиабатности процессов . . . . .	225

## Приложения

<b>Приложение I. Коэффициенты аппроксимирующих полиномов термодинамических свойств газообразных веществ . . . . .</b>	<b>232</b>
<b>Приложение II. Коэффициенты аппроксимирующих полиномов термодинамических свойств конденсированных веществ . . . . .</b>	<b>239</b>
<b>Приложение III. Максимальные погрешности аппроксимации термодинамических свойств газообразных веществ . . . . .</b>	<b>241</b>
<b>Приложение IV. Максимальные погрешности аппроксимации термодинамических свойств конденсированных веществ . . . . .</b>	<b>244</b>
<b>Приложение V. Графики погрешностей аппроксимации термодинамических свойств некоторых индивидуальных веществ . . . . .</b>	<b>245</b>
<b>Приложение VI. Список принятых сокращений и наименований журналов и серийных изданий . . . . .</b>	<b>247</b>
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>250</b>



## ПРЕДИСЛОВИЕ К СПРАВОЧНИКУ

В науке и технике сегодня и в обозримом будущем значительное место принадлежит исследованию и практическому применению процессов, протекающих при высокой температуре и сопровождающихся физико-химическими превращениями рабочих веществ. В качестве последних используются чаще всего продукты сгорания высокоэнергетических химических топлив. Применение более активных, чем воздух, окислителей (кислород и богатые им соединения, фтор и др.), а также высококалорийных горючих (водород и его соединения, металлосодержащие вещества и др.) обуславливает высокую температуру продуктов сгорания, их термическую диссоциацию и ионизацию. Таким образом, продукты сгорания высокоэнергетических топлив представляют собой высокотемпературные многокомпонентные химически реагирующие смеси. Определение состава и свойств таких смесей, а также параметров процессов, осуществляемых с ними, составляет одну из важнейших задач современной термодинамики и теплофизики. Расчетно-теоретический путь получения этих сведений является пока основным.

Необходимой базой для расчета состава и свойств высокотемпературных смесей является информация о термических константах и термодинамических свойствах индивидуальных веществ, входящих в состав топлива и продуктов сгорания. Сложная и трудоемкая теоретическая и экспериментальная работа по получению широкой и надежной информации такого рода проводится в системе Академии Наук СССР, начиная с пятидесятых годов. Ее результатами являются фундаментальные справочные издания. Информация о термических свойствах компонентов топлива и продуктов сгорания в исходном (стандартном) состоянии обеспечивается Справочником «Термические константы веществ» [417], выпуск ко-

торого начат в 1965 году и ныне продолжается. Сведения о термодинамических свойствах индивидуальных веществ в широком диапазоне температур были представлены в 1956 году трехтомным Справочником «Термодинамические свойства компонентов продуктов сгорания» [421], а в 1962 — вторым, полностью переработанным и расширенным изданием этого Справочника под названием «Термодинамические свойства индивидуальных веществ» [419]. Готовится третье издание, существенно расширенное и заново переработанное.

Справочники «Термические константы веществ» и «Термодинамические свойства индивидуальных веществ» являются согласованными, дополняющими друг друга изданиями. Справочник «Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания», содержащий свойства систем продуктов сгорания различных известных высокоэнергетических топлив, призван логически завершить комплекс трех взаимно согласованных и органически связанных справочников. Его основное назначение — обеспечить науку и промышленность данными, необходимыми для исследования высокотемпературных процессов и для проектирования установок и аппаратов, использующих в качестве рабочих тел сложные смеси продуктов сгорания. Значительное место среди установок подобного рода занимают тепловые двигатели различных схем. Справочник найдет применение в научно-исследовательских и проектных работах институтов, конструкторских бюро, предприятий и высших учебных заведений, а также при подготовке специалистов по термодинамике, теплофизике, химическому и энергетическому машиностроению, двигателестроению.

Решение о подготовке настоящего Справочника принято Академией наук СССР 14 августа 1968 г. Для выполнения этого решения при

ВИНИТИ АН СССР был создан Редакционный Совет под председательством академика В. П. Глушко. Совет определил содержание и форму Справочника и систему организации работы по его подготовке.

Нужно отметить, что при этом Редакционному Совету пришлось преодолеть значительные трудности в связи с отсутствием в отечественной и зарубежной практике прообраза создаваемого Справочника. В справочной литературе более или менее полно представлены материалы по свойствам индивидуальных газов и некоторых их смесей. Так, например, обширные сведения по воздуху представлены в известных работах А. С. Предводителя, Е. В. Ступоченко, Е. В. Самуйлова и др. [336—339], А. А. Вассермана и др. [92], водяному пару и углекислому газу — в работах М. П. Вукаловича и сотрудников [115, 120], [130], другим газам — в работе Н. Б. Варгафтика [82] и других отечественных и зарубежных работах [127, 163, 750].

В то же время практически отсутствуют справочные данные по продуктам сгорания большинства современных и перспективных топлив. Немногочисленные опубликованные работы посвящены продуктам сгорания некоторых горючих (бензин, керосин, природный газ) с воздухом или кислородом. Таковы работы С. Л. Ривкина [346, 347], Н. В. Дубовкина [176], В. Н. Лапшова и др. [284], И. Н. Карпа и др. [222], Л. К. Гаркуши, Г. М. Щеголева [136], Пирсона и Феллинджера [904]. Еще меньше данных опубликовано по продуктам сгорания высокоэнергетических топлив. Имеющиеся работы, например, [890, 988], носят фрагментарный характер и по перечню рассчитанных свойств, и по диапазону определяющих параметров.

Подобное положение исключило возможность составления компилятивного Справочника и поставило задачу создать его на основе оригинальных разработок.

## СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА СПРАВОЧНИКА

### Перечень топлив

В Справочнике приводится информация о продуктах сгорания высокоэнергетических топлив, нашедших применение в различных отраслях теплоэнергетики, химии, двигателестроения или ожидающих этого применения. Подобные топлива образованы обычно активными окислителями и высококалорийными горючими. В Справочнике рассмотрены двух- и трехкомпонентные топливные композиции, при этом отдельные компоненты могут представлять собой индивидуальные вещества или их смеси. Фазовое состояние компонентов преимущественно жидкое, но возможно также газовое и твердое.

Среди активных окислителей рассматриваются кислород и фтор, их смеси, а также богатые кислородом и фтором соединения. Среди высококалорийных горючих преимущественное место занимают соединения, богатые водородом, а также металлсодержащие горючие.

В Справочнике приводятся и сведения о продуктах сгорания некоторых горючих с воздухом, а также — о продуктах разложения некоторых соединений, используемых в качестве унитарных топлив.

Конкретный перечень топливных композиций и распределение их по томам Справочника приведены в таблице 1 (см. раздел «Расположение материала»).

### Модели свойств и процессов

Наибольшей общностью обладают свойства идеальных систем продуктов сгорания — смесей, подчиняющихся уравнению состояния идеального газа и находящихся в химическом и фазовом равновесии, а также характеристики идеальных процессов, осуществляемых с такими рабочими телами.

Развернутые определения этих понятий даются в гл. III. Предварительно необходимо отметить, что продукты сгорания в камере сгорания рассматриваются как равновесная смесь, полученная после завершения неравновесного и необратимого процесса горения. Полагается, что этот процесс проведен полно, адиабатно и изобарно. Если за процессом горения следует процесс расширения, то конечные параметры горения являются исходными для расширения. Давление торможения на входе в сопло  $p_{co}$  есть давление, при котором осуществлен идеальный процесс горения.

Идеальный процесс расширения рассматривается как непрерывная цепь равновесных состояний рабочего тела от начальных условий на входе в сопло до его выходного сечения. Условия проведения идеального расширения: изоэнтальпийность, однородность состава и параметров по поперечному сечению, одномерность потока.

Достоверность идеальных свойств и характеристик в большинстве случаев велика. Отличия действительных величин от идеальных носят характер малых отклонений, определяе-



мых особенностями конкретных объектов, например, их геометрией, способом организации процессов и т. п.

В связи с этим наиболее обоснованным и рациональным представляется определение идеальных свойств и характеристик продуктов сгорания и их компактное представление в Справочнике. Для оценки действительных характеристик должна производиться коррекция идеальных величин с учетом конкретных особенностей той или иной системы или процесса. Методы такой коррекции, а в некоторых случаях и величины поправок приводятся в Справочнике.

Такой путь использования данных обеспечивает Справочнику наиболее широкого потребителя, сохраняя приемлемую компактность справочного руководства.

### Перечень свойств

Определение перечня свойств и характеристик, представляемых в Справочнике, производилось с учетом потребностей в них при расчете и исследовании наиболее распространенных процессов горения и расширения (сжатия) и сопутствующих им процессов теплообмена. Признано необходимым привести равновесный состав продуктов сгорания, их термодинамические и теплофизические свойства (энтальпия, энтропия, теплоемкости, скорость звука, коэффициенты вязкости и теплопроводности), характеристики процессов (температура, давление, скорость потока, удельный импульс, удельная и относительная площадь канала и др.).

Большинство упомянутых свойств и характеристик являются равновесными, т. е. соответствуют равновесному составу и равновесному протеканию процессов. Некоторые характеристики приводятся и для «замороженных» процессов, т. е. процессов с неизменным составом рабочего тела.

Чтобы обеспечить возможность экстраполяции и интерполяции расчетных данных, приводятся некоторые частные производные — коэффициенты экстраполяционных и интерполяционных формул. Возможность использования различных дифференциальных термодинамических соотношений обеспечивается приводимыми термическими коэффициентами.

Многие дополнительные сведения о продуктах сгорания могут быть получены из представленных величин с помощью простых вычислений. В Справочнике подобные сведения не приводятся, чтобы не увеличивать чрезмерно его объема.

Подробное описание приводимых свойств и возможностей их использования содержится в гл. XIII. Как следует из анализа опубликован-

ных отечественных и зарубежных работ, принятый в Справочнике перечень рассчитываемых свойств и характеристик является наиболее полным.

### Исходные данные для расчетов

Данными, необходимыми для расчетного определения перечисленных выше свойств и характеристик, являются: химический состав и энтальпия компонентов топлива; термодинамические свойства индивидуальных веществ в широком диапазоне температур; параметры модельных потенциалов для индивидуальных веществ в том же диапазоне температур.

Основными источниками, откуда заимствовались большая часть этих сведений, являются Справочники «Термические константы веществ» [417] и «Термодинамические свойства индивидуальных веществ» [419]. Использовались также дополнения и уточнения, полученные авторами Справочника [419] при подготовке его третьего издания.

Часть исходных данных по составу и энтальпии компонентов, а также данные по параметрам модельных потенциалов принимались авторами настоящего Справочника на основе анализа сведений, опубликованных в отечественной и зарубежной литературе. Обоснование принятых значений и ссылки на литературные источники приводятся в выпусках Справочника, посвященных расчету конкретных топливных композиций.

### Диапазон изменения определяющих параметров

Для каждой топливной композиции (окислитель + горючее) свойства продуктов сгорания зависят от соотношения между окислителем и горючим и условий проведения процессов горения и расширения. Соотношение между окислителем и горючим в большинстве случаев принято характеризовать коэффициентом избытка окислителя  $\alpha_{ок}$ , а условия проведения процессов (при выбранной модели процессов) — давлением на входе в сопло  $p_{со}$  и степенью расширения  $\epsilon = \frac{p_{со}}{p_a}$ . Диапазон изменения  $\alpha_{ок}$ ,  $p_{со}$  и  $\epsilon$  определяет поле изменения рассчитываемых характеристик.

Значения определяющих параметров выбиралось в таком диапазоне, в котором можно ожидать, что протекание реальных процессов будет близким к равновесному. Современный уровень знаний о кинетике явлений не позволяет строго назначить границы диапазонов, различные для различных топлив. Представилось целесообразным лишь исключить из рассмотрения области низких температур, как

области, в которых можно ожидать существенного отклонения от равновесности. Этим обусловлено исключение больших и малых значений  $\alpha_{ок}$ . В остальном диапазон изменения определяющих параметров обусловлен потребностями сегодняшней и перспективной практики.

Шаг изменения того или иного параметра в принятой серии его значений определялся, главным образом, требованиями обеспечить необходимую точность экстраполяции и интерполяции.

В итоге, ряд значений  $\alpha_{ок}$  для различных топлив был принят не одинаковым, значения же  $p_{со}$  и  $\epsilon$  в большинстве случаев выбирались из следующих рядов величин:

$p_{со}$  МН/м<sup>2</sup> 0,1 0,2 0,5 1 2 5 10 15 25 50  
 $\epsilon$  5 10 20 30 50 100 200 300 500  
 1000 2000 3000 5000.

В отдельных случаях допускались отступления от этой сетки.

Выбранный диапазон изменения определяющих параметров, а также возможность интерполяции внутри него и экстраполяции — внутри и вне диапазона обеспечивает получение необходимой информации для каждой топливной композиции.

#### Форма представления справочных данных

Основная форма представления справочных данных — табличная. Полная совокупность сведений о продуктах сгорания данной топливной композиции содержится в серии таблиц, количество которых составляет число принятых значений  $\alpha_{ок}$ , умноженное на число принятых значений  $p_{со}$ . В каждой таблице содержатся сведения при заданном значении  $\alpha_{ок}$ , одном значении  $p_{со}$  и до 7 значений степени расширения  $\epsilon$ , выбранных из приводившегося выше ряда. Одна таблица содержит информацию для 5—7 «опорных» точек — сочетаний  $\alpha_{ок}$ ,  $p_{со}$  и  $\epsilon$ . Среди этих точек всегда присутствует точка, соответствующая критическому расширению ( $\epsilon = \epsilon_*$ ,  $M = 1$ ).

Справочные данные для некоторых топлив приводятся по «большой» сетке изменения параметров (100—150 таблиц или 800—1200 «опорных» точек), для других — по «малой» сетке (30—50 таблиц или 300—500 «опорных» точек). Приводимая информация в сочетании с методами экстраполяции и интерполяции достаточна для широкого круга исследовательских и проектных работ.

Компоновка сведений в таблицах выполнена с учетом требований удобства пользования, компактности представления, а также с учетом особенностей получения таблиц непосредственно с алфавитно-цифрового печатающего устройства ЭВМ БЭСМ-6.

Фотомеханическое воспроизведение таблиц, принятое в Справочнике, является практически единственным возможным, так как только оно устраняет чрезвычайно трудоемкий набор цифрового материала и исключает неизбежно связанные с ним ошибки.

Образцы таблиц Справочника приведены в гл. XIII.

Дополнительной формой представления справочных данных является графическая. Она необходима как средство наиболее компактного и наглядного представления данных. Графические зависимости необходимы для обозрения всего поля характеристик, а также для экспрессных предварительных оценок при поисковых работах.

В Справочнике для каждой топливной композиции приводятся графики следующих основных зависимостей:

удельный импульс в пустоте  $I_s^n = f(\alpha_{ок}, p_{со}, \epsilon)$ ,

расходный комплекс  $\beta = f(\alpha_{ок}, p_{со})$ ,

температура в камере сгорания  $T_{со} = f(\alpha_{ок}, p_{со})$

относительная площадь  $\bar{F} = f(\alpha_{ок}, p_{со}, \epsilon)$ .

При разработке типовых графиков Справочника, образцы которых приведены в гл. XIII, приняты масштабы, обеспечивающие по возможности высокую точность отсчета основных характеристик.

Для некоторых топлив в графической форме представлены данные, позволяющие учесть изменение основных характеристик вследствие химической неравновесности процесса расширения.

Сочетание табличной и графической формы представления справочных данных делает удобным использование Справочника для различных целей на разных этапах исследовательской и проектно-конструкторской работы.

#### Расположение материала

При определении структуры Справочника было признано необходимым и целесообразным представить в отдельном томе материалы, относящиеся к методам расчета термодинамических и теплофизических свойств, программам расчета на ЭВМ, оценке точности результатов, форме представления и способам использования справочных данных. Это определило содержание I тома «Методы расчета», имеющего характер монографии и самостоятельное значение.

Основное содержание последующих томов составляют результаты расчета — справочные данные по термодинамическим и теплофизическим свойствам продуктов сгорания различных топливных композиций и иногда — про-

ктов разложения или нагрева. Рассмотрено около 60 топливных композиций, несколько стартовых топлив, а также водород в качестве рабочего тела, нагреваемого от внешнего источника. Подбор рассматриваемых топлив производился, исходя из первоочередных современных и перспективных потребностей теплотехники и двигателестроения.

В основу группирования топливных композиций по томам Справочника была положена классификация по родственным окислителям, поскольку именно окислитель обычно является

компонентом, определяющим особенности топливной композиции. Выделены четыре группы окислителей. Каждой из них посвящен отдельный том Справочника, в котором рассматриваются 10—15 композиций, образованных различными сочетаниями окислителя и горючего.

Содержание II—V томов Справочника наглядно представлено в таблице I.

Основное содержание каждого из томов — таблицы и графики справочных данных. Кроме того, приводятся необходимые исход-

Таблица I

Распределение топливных композиций по томам Справочника

№ тома	Горючие																							
	Окислители	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> + Be	H <sub>2</sub> + Li	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + Al	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + Be	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NNH <sub>2</sub>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NNH <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NNH <sub>2</sub>	Керосин	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Смесь аминов	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	B <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	BeH <sub>2</sub>	Al	Be	Li	Без горючего		
	Воздух	×										×	×	×										
	Воздух, обогащенный кислородом												×											
	Кислород	×	×		×					×							×	×						
	HNO <sub>3</sub>											×												
	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>					×	×		×	×							×							
	Смеси HNO <sub>3</sub> и N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>									×		×			×									
	Смесь C(NO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> и N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>									×														
	HClO <sub>4</sub>									×														
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>					×	×	×				×					×	×					×	
	H <sub>2</sub> O																		×	×	×			
	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>																×							
	Без окислителя	×				×			×	×														
	F <sub>2</sub>	×		×	×	×																		
	Смеси F <sub>2</sub> и O <sub>2</sub>									×		×												
	OF <sub>2</sub>	×								×						×								
	ClF <sub>3</sub>					×																		

ные данные для расчетов каждой рассматриваемой топливной композиции, оценка точности полученных результатов, библиография.

### Система единиц, терминология, обозначения

В Справочнике принята Международная система единиц **СИ**.

Однако в некоторых изданиях и измерительных приборах до сих пор продолжают применяться старые традиционные размерности (система МКГСС или внесистемные единицы).

Поэтому в таблице II приведены переводные коэффициенты для основных величин в различных системах измерения.

входит первым множителем в классическую формулу К. Э. Циолковского, определяющую скорость, приобретаемую ракетой.

Установление новой терминологии требует времени, поэтому Редакционный Совет решил в Справочнике сохранить термин «удельный импульс» ( $I_s$ ), не отвергая термин «эффективная скорость истечения» ( $w_e$ ).

### Нумерация литературных ссылок, уравнений, таблиц и рисунков

В каждом томе Справочника приводится единый алфавитный список литературы, ссылки на который делаются в общепринятом порядке указанием номера литературного источ-

Таблица II

Переводные коэффициенты для основных величин

Величина	Обозначение	Размерность		Переводный коэффициент
		Система СИ	Система МКГСС или внесистемные единицы	
Сила	$P$	$H$	$кгс$	$1 кгс = 9,80665 H$
Давление	$p$	$H/м^2$	$кгс/см^2$	$1 кгс/см^2 = 9,80665 \cdot 10^4 H/м^2$
Плотность (объемная масса)	$\rho$	$кг/м^3$	$кгс/сек^2$	$1 \frac{кгс}{м^3} = 9,80665 кг/м^3$
Температура	$T$	$^{\circ}K$	$^{\circ}K$	$1$
Удельная энтальпия	$i$	$кдж/кг$	$ккал/кг$	$1 ккал/кг = 4,184 кдж/кг$
Удельная энтропия	$s$	$кдж/кг град K$	$ккал/кг град K$	$1 \frac{ккал}{кг град K} = 4,184 \frac{кдж}{кг град K}$
Удельная теплоемкость	$c$	$кдж/кг град K$	$ккал/кг град K$	$1 \frac{ккал}{кг град K} = 4,184 \frac{кдж}{кг град K}$
Коэффициент динамической вязкости	$\eta$	$H сек/м^2$	$кгс сек/м^2$	$1 \frac{кгс сек}{м^2} = 9,80665 \frac{H сек}{м^2}$
Коэффициент теплопроводности	$\lambda$	$вт/м град$	$кал/см сек град$	$1 \frac{кал}{см сек град} = 4,184 \cdot 10^2 \frac{вт}{м град}$
Площадь	$F$	$м^2$	$м^2$	$1$
Скорость	$w$	$м/сек$	$м/сек$	$1$
Удельный импульс	$I_s$	$м/сек$	$сек$	$1 сек = 9,80665 м/сек$

В Справочнике выдержаны терминология и обозначения, по возможности согласованные с двумя предыдущими Справочниками трилогии. Для названий и обозначений новых величин приняты рекомендации Научного Совета по проблеме «Жидкое топливо» Академии Наук СССР.

Особо следует оговорить применение термина «удельный импульс». Как известно, в системе СИ размерность этой величины выражается в  $\frac{H сек}{кг}$  или в  $м/сек$ , т. е. соответствует размерности скорости. Поэтому вместо термина «удельный импульс» правильнее и показательнее применять термин «эффективная скорость истечения».

ника в квадратных скобках. Список принятых сокращений названий литературных источников основан на рекомендациях ВИНТИ АН СССР.

В Справочнике принята поглавная двойная нумерация уравнений, таблиц и рисунков. Первая цифра указывает номер главы, вторая — номер уравнения, таблицы, рисунка внутри главы.

Для устранения возможных ошибок ссылки на уравнения, таблицы, рисунки, литературные источники, относящиеся не к данному тому, приводятся с указанием тома. Например, уравнение 6.12 (том I), работа [68], том I и т. п.

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ

Подготовка Справочника проводилась под общим научным руководством академика В. П. Глушко.

Основную авторскую работу выполнили члены Редакционного Совета; в отдельных случаях привлекались другие специалисты высокой квалификации. Работа авторов состояла не только в обобщении и систематизации ранее выполненных исследований. Специально для подготовки настоящего Справочника были проведены значительные новые работы. К основным из них относятся: создание новой модификации общего метода расчета равновесного состава продуктов сгорания; составление и отладка новой программы расчета состава и свойств для наиболее мощной вычислительной машины БЭСМ-6; исследования точности расчетных и экстраполированных результатов; исследования некоторых особенностей реальных систем продуктов сгорания и процессов, осуществляемых с ними; анализ и критическая оценка многообразия расчетных методов; составление библиографии; подбор справочных материалов по межмолекулярному взаимодействию, свойствам переноса и др.

Распределение работ между авторами указывается в предисловии к каждому тому Справочника.

На В. Е. Алемасова, как ведущего автора Справочника, был возложен труд не только активного руководящего участия в составле-

нии Справочника, но и основная тяжесть координации работ в организациях — участниках подготовки.

Научное редактирование Справочника выполняется академиком В. П. Глушко (ответственный редактор) и проф. В. Е. Алемасовым. Члены Редакционного Совета проводят научное редактирование отдельных частей и глав Справочника. Распределение работ по научному редактированию указывается в предисловии к каждому тому.

Работу по систематизации литературных источников, составлению картотек и списков литературы и по техническому оформлению рукописи выполняют группа сотрудников ВИНТИ АН СССР под общим руководством Н. В. Илларионова, а также сотрудники других организаций. Их конкретное участие указывается в предисловии к каждому тому.

Коллектив авторов и редакторов намерен использовать опыт, приобретенный в процессе создания настоящего Справочника, путем дальнейшей систематической работы над ним. Предусматривается расширение перечня топливных композиций и перечня определяемых свойств, уточнение моделей явлений и процессов. В этой работе по совершенствованию Справочника с благодарностью будут приняты отзывы, замечания и пожелания всех заинтересованных лиц и организаций.

*В. П. Глушко*

---



## ПРЕДИСЛОВИЕ к I тому

Первый том настоящего Справочника состоит из пяти частей.

**Часть первая** содержит методы приведения исходных данных о топливе к виду, необходимому для расчета термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания.

**Часть вторая** посвящена определению свойств идеальных систем продуктов сгорания. В ней даются основные определения и излагаются методы расчета равновесного состава продуктов сгорания, их термодинамических и теплофизических свойств, характеристик процессов горения и расширения, методы экстраполяции и интерполяции результатов. Описаны программы расчета на ЭВМ, реализующие эти методы расчета.

**Часть третья** содержит описание табличной и графической формы представления результатов расчета идеальных систем продуктов сгорания. Здесь анализируется точность результатов расчета и экстраполированных параметров, показываются различные варианты использования этих данных.

**Часть четвертая** посвящена анализу особенностей реальных систем продуктов сгорания и влиянию этих особенностей на основные характеристики систем. Здесь же излагаются способы перехода от идеальных характеристик к реальным.

**Часть пятая** содержит, как справочные данные, коэффициенты аппроксимирующих полиномов и сведения об их погрешностях.

При подготовке I тома использованы библиографические источники, опубликованные до 1970 года.

Редакционную и основную авторскую работу по подготовке тома провели члены Редакционного Совета под общим научным руководством академика В. П. Глушко.

Состав Редакционного Совета: академик В. П. Глушко (председатель), В. Е. Алемасов (зам. председателя), Н. В. Илларионов (ученый секретарь), А. П. Ваничев, С. Д. Гришин, А. Ф. Дрегаллин, В. А. Ильинский, А. П. Тишин.

Главы I—VII, IX, X, XII—XVI, XX и Приложения написаны д. т. н. В. Е. Алемасовым, к. т. н. А. Ф. Дрегалиным, к. т. н. А. П. Тишиным совместно. Глава XI написана ими же при участии д. т. н. В. А. Ильинского.

Главы VIII и XVII написаны к. т. н. А. Ф. Дрегалиным, глава XVIII — д. т. н. У. Г. Пирумовым, глава XIX — к. т. н. А. П. Тишиным при участии В. А. Худякова. В. А. Худяков участвовал также в подготовке глав V, VI, XII, XV.

Программа для ЭВМ БЭСМ-6 составлена А. Ф. Дрегалиным, В. А. Худяковым, В. Н. Костинным, Л. А. Голайдо, А. С. Ляшевым под руководством А. П. Тишина.

Основные расчетные работы для первого тома выполнены В. Н. Костинным, А. С. Ляшевым, З. Х. Груздевой. В подготовке отдельных материалов и выполнении расчетов принимали участие: В. И. Быченко (гл. XI), Л. А. Борисова (§ 2 гл. XIV), З. Х. Груздева (гл. VIII, XVII), к. т. н. Ю. М. Данилов (§ 3 гл. XX), Г. Б. Нудельман, А. З. Хамидуллин (§ 4 гл. XIII).

Научное редактирование тома выполнено академиком В. П. Глушко (ответственный редактор) и д. т. н. В. Е. Алемасовым. Научное редактирование отдельных глав провели:

главы III—VIII — член-корр. АН СССР А. П. Ваничев;

главы IX, X, XII, XIII, XX и Приложения — д. т. н. С. Д. Гришин;

главы I, II, XI, XIV, XV — д. т. н. В. А. Ильинский;